



Министерство науки  
и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
Институт дистанционного  
и дополнительного образования



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шиндина Т.А.
	Идентификатор	Rd0ad64b2-5hindaTA-e12224c9

(подпись)

Т.А. Шиндина  
(расшифровка подписи)

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
*повышения квалификации*

<b>Наименование программы</b>	Цифровой контур управления движением активного экзоскелета человека для промышленного и медицинского применения
<b>Форма обучения</b>	очная
<b>Выдаваемый документ</b>	удостоверение о повышении квалификации
<b>Новая квалификация</b>	не присваивается
<b>Центр ДО</b>	Кафедра "Робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин"

Зам. директора ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Усманова Н.В.
	Идентификатор	R3b653adc-UsmanovaNatV-90b3fa4

Н.В.  
Усманова

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крохин А.Г.
	Идентификатор	R6d4610d5-KrokhinAG-aa301f84

А.Г. Крохин

Начальник ФДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Малич Н.В.
	Идентификатор	R13696f6e-MalichNV-45fe3095

Н.В. Малич

Руководитель  
РМДиПМ

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

Москва

Руководитель  
образовательной  
программы

---

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В.  
Меркурьев

---

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель:** изучение методов формирования и исследования математических моделей активного экзоскелета человека, применяемых при проектировании и компьютерном моделировании движения активного экзоскелета..

**Программа составлена в соответствии:**

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утвержденным приказом Минобрнауки от 14.08.2020 г. № 102328.08.2020 г. № 59548.

**Форма реализации:** обучение с использованием исключительно электронного обучения.

**Форма обучения:** очная.

**Режим занятий:**

Расписание занятий по дополнительной образовательной программе может устанавливаться в зависимости от набора в группы. Конкретные даты проведения занятий указываются в договоре на оказание образовательных услуг. Данные расписания хранятся в электронной системе учета хода реализации программы. При любом графике занятий учебная нагрузка устанавливается не более 40 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

**Требования к уровню подготовки слушателя, необходимые для освоения программы:** лица, желающие освоить дополнительную образовательную программу, должны иметь высшее образование или получать высшее образование. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца, или академической справкой о прохождении обучения.

**Выдаваемый документ:** при успешном прохождении программы и сдаче итоговой аттестации выдается удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

**Срок действия итоговых документов**

Срок действия итоговых документов регламентируется на основе правил по работе с персоналом в сфере деятельности данной программы, устанавливается на основе содержания программы и составляет (в годах): 3.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 2.1. Компетенции

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать компетенциями (табл. 1).

Таблица 1

Компетентностно-ориентированные требования к результатам освоения программы

Компетенция	Требования к результатам
ОПК-4: Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов	Знать: - основные методы анализа и синтеза походок шагающих аппаратов; - основные методы теоретической механики, используемые при исследовании движения шагающих аппаратов.
	Уметь: - моделировать движение конкретных шагающих аппаратов; - проводить анализ и синтез походок шагающих аппаратов.
	Владеть: - программным обеспечением, необходимым для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах.

В результате освоения программы слушатель должен быть способен реализовывать трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом (табл. 2).

Уровень квалификации \_\_\_\_\_.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы

Трудовые функции	Требования к результатам
------------------	--------------------------

### 2.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Не предусмотрено

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ))

### 3.1. Трудоемкость программы

Трудоемкость программы включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы составляет:

- **0,4** зачетных единиц;

**16** ак. ч.

Структура программы с указанием наименования дисциплин (модулей) и их трудоемкости представлена в табл. 3.

Учебный план дополнительной образовательной программы представлен в приложение А., являющийся неотъемлемой частью программы.

Таблица 3

## Структура программы и формы аттестации

№	Наименование дисциплин (модулей)	всего	Контактная работа, ак. ч					Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч	Форма аттестации			
			всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ	контроль			текущий контроль (тест, опрос и пр.)	промежуточная аттестация (зачет, экзамен, защита отчета о стажировке)	итоговая аттестация (итоговый зачет, итоговый экзамен, доклад по результатам стажировки, итоговый аттестационный экзамен, итоговая аттестационная работа)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	
1	Цифровой контур управления движением активного экзоскелета человека для промышленного и медицинского применения	15	15		15						Нет		
1.1.	Постановка задач проектирования активного экзоскелета	8	8		8								
1.2.	Постановка задач создания цифрового контура управления движением активного экзоскелета человека	7	7		7								
2	Итоговая аттестация	1	1				1					Итоговый зачет	
	<b>ИТОГО:</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				

**3.2. Содержание программы (рабочие программы дисциплин (модулей))**

Содержание дисциплин (модулей) представлено в табл. 4.

Таблица 4

## Содержание дисциплин (модулей)

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
1.	Цифровой контур управления движением активного экзоскелета человека для промышленного и медицинского применения	

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
1.1.	Постановка задач проектирования активного экзоскелета	<p>Модуль 1. Преодоление гравитации, защита и движение</p> <p>1. Притяжение Земли и сопротивление живых существ.</p> <p>2. Защитные доспехи, средства механизации, корсеты, ортезы и экзоскелеты.</p> <p>Модуль 2. Человек, экзоскелет, робот</p> <p>1. Зачем «подсматривать» у природы или общие принципы управления движением живых и не живых объектов.</p> <p>2. Представление о системе управления движением у человека.</p> <p>Модуль 3. Робот и общество</p> <p>1. Предыстория. Сказки и фантазии, идеи и варианты реализации.</p> <p>2. Этические аспекты, «человеческое применение человеческих существ».</p> <p>Модуль 4. Промышленные роботы или экзоскелеты?</p> <p>1. Общие понятия. Из чего состоят роботы? Разные классификации. Место и отличительные особенности промышленных роботов и экзоскелетов.</p> <p>2. Сенсорное обеспечение функции. Основные понятия и вводная часть.</p> <p>3. Манипуляционные системы и рабочие органы, способы управления.</p> <p>Модуль 5. Экзоскелеты в медицине</p> <p>1. Функции скелета человека и смысл экзоскелета.</p> <p>2. Экзоскелеты и медицинская реабилитация.</p> <p>3. Экзоскелеты, медицина и социальная реабилитация.</p> <p>Модуль 6. Стандартизация экзоскелетов</p> <p>1. О стандартизации.</p> <p>2. Пассивные и активные экзоскелеты.</p> <p>3. Работа ТК-320 ПК-11</p> <p>Модуль 7. Человек и ощущение робототехнических устройств</p> <p>1. Зрение и робототехнические эквиваленты.</p> <p>2. Вестибулярная функция и робототехнические эквиваленты.</p> <p>3. Проприоцепция, тактильная чувствительность и робототехнические эквиваленты.</p> <p>Модуль 8. Приводы и мышцы</p> <p>1. Общие понятия и сравнения. Характеристики распространенных приводов и их классификация.</p> <p>2. Пневматические, гидравлические и электрические приводы.</p> <p>3. Искусственные мышцы, микроприводы и наноприводы.</p>
1.2.	Постановка задач создания цифрового контура управления движением активного экзоскелета человека	<p>Модуль 9. Кинематика</p> <p>1. Механическое движение. Системы координат. Траектории движения характерных точек тела в подвижной и неподвижной системе координат.</p> <p>2. Математическое описание кинематических схем передвижения роботов. Сложное движение точки и тела.</p> <p>3. Измерительные датчики и сенсоры движения робота. Система ориентации и навигации робота</p> <p>10. Динамика</p> <p>1. Основные понятия и аксиомы динамики. Инерциальные системы отсчета.</p> <p>2.</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>Виды сил. Главный вектор и главный момент системы сил. Основные теоремы и законы динамики 3. Уравнения движения в неинерциальной системе координат. Модуль 11. Математические характеристики. Передвижение и человек-оператор 1. Описание систем передвижения. 1 часть. 2. Описание систем передвижения. 2 часть. Тема 3. Человек-оператор в математическом описании и компьютерное моделирование. Модуль 12. Общие вопросы систем управления 1. Классификация систем управления. 2. Оптимизация и интеллектуальное управление. 3. Стратегическое поведение. Модуль 13. Программное управление. Дискретное и непрерывное управление 1. Дискретное цикловое и позиционное программное управление. 2. Непрерывное программное управление. 1 часть. 3. Непрерывное программное управление. 2 часть. Модуль 14. Оптимальное и адаптивное управление. 1. Оптимальное по энергозатратам управление. 2. Адаптивное управление. 3. Элементы искусственного интеллекта. Модуль 15. Вопросы конструирования и применения активных экзоскелетов 1. Вопросы конструирования активных экзоскелетов и внедрения разработок. 2. Применение активных экзоскелетов и перспективы.</p>

Аннотации рабочих программ дисциплин (модулей) представлены в приложении Б.

#### 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Информация о практической подготовке в структуре дополнительной образовательной программы представлена в приложение В.

В рамках учебного плана дополнительной образовательной программы используются традиционные образовательные технологии, а также интерактивные технологии, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика образовательной технологии	
Наименование	Краткая характеристика
Видеофильм	видеолекция длительностью до 15 минут и самопроверка в виде ответов на вопросы

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ**

### **5.1. Текущий контроль**

Текущий контроль проводится в соответствии с характеристиками контрольных заданий и представлен в Таблице 1 приложения Г.

### **5.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по программе проводится в форме зачета, экзамена или отчета о стажировке в соответствии с учебным планом. Характеристика заданий представлена в Таблице 2 приложения Г.

### **5.3. Итоговая аттестация**

Итоговая аттестация по программе проводится в форме *итогового зачета*. Характеристика заданий представлена Таблице 3 приложения Г.

### **5.4. Независимый контроль качества обучения**

Порядок независимой оценки качества дополнительной образовательной программы представлен в приложении Г.

## **6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

а) литература НТБ МЭИ:

1. Гориневский, Д. М. Управление манипуляционными системами на основе информации об усилиях / Д. М. Гориневский, А. М. Формальский, А. Ю. Шнейдер ; Ред. В. С. Гурфинкель . – М. : Физматлит, 1994 . – 368 с. – (Научные основы робототехники) . - ISBN 5-02-014589-0 : 400.00 .;

2. Губаренко, С. И. Учебное пособие по курсу "Теоретическая механика" : Механика инерциальных навигационных систем / С. И. Губаренко ; Ред. Ю. Г. Мартыненко ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1992 . – 80 с.;

3. Динамика и управление движением шагающих машин с цикловыми двигателями / Е. С. Брискин, и др. ; Ред. Е. С. Брискин . – М. : Машиностроение, 2009 . – 192 с. - ISBN 978-5-94275-486-0 .;

4. Лапшин, В. В. Механика и управление движением шагающих машин / В. В. Лапшин . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012 . – 199 с. - ISBN 978-5-7038-3586-9 .;

5. Мартыненко, Ю. Г. Учебное пособие по курсу "Теоретическая механика": Аналитическая динамика электромеханических систем / Ю. Г. Мартыненко, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М . – 1984 . – 64 с.;

6. Формальский, А. М. Управление движением неустойчивых объектов / А. М. Формальский . – М. : Физматлит, 2012 . – 232 с. - ISBN 978-5-9221-1460-8 ..

б) литература ЭБС и БД:

1. Сперанский Д. В., Скобцов Ю. А., Скобцов В. Ю.- "Моделирование, тестирование и диагностика цифровых устройств", (2-е изд.), Издательство: "ИНТУИТ", Москва, 2016 - (534 с.)

<https://e.lanbook.com/book/100660>;

2. Меркурьев И. В., Подалков В. В.- "Динамика микромеханического и волнового твердотельного гироскопов", Издательство: "Физматлит", Москва, 2009 - (228 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59537](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59537).

в) используемые ЭБС:

*Не предусмотрено*

## **6.2. Кадровое обеспечение**

Для реализации дополнительной образовательной программы привлекаются преподаватели из числа штатных научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» и лица, представители работодателей или объединений работодателей. Информация о кадровом обеспечении дополнительной образовательной программы представлена в приложении Д.

Сведения о руководителе дополнительной образовательной программы представлены в приложении Е.

## **6.3. Финансовое обеспечение**

План расходов и расчет обоснования стоимости по дополнительной образовательной программе представлены в приложение Ж.

Финансирование программы осуществляется за счет личных средств слушателей или заказчиков, по направлению которых проводится обучение. В качестве заказчика могут выступать работодатели, университеты (в том числе МЭИ), государственные структуры и прочие участники образовательного рынка.

## **6.4. Материально-техническое обеспечение**

Материально-технические условия реализации дополнительной образовательной программы представлены в Приложении З.

Календарный график учебного процесса разрабатывается с учетом требований к качеству освоения и по запросам обучающихся (Приложение И). Расписание занятий разрабатывается на каждую реализуемую программу.

## **ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (АКТУАЛИЗАЦИИ)**

№ п/п	Содержание изменения (актуализации)	Дата утверждения изменений
-------	-------------------------------------	----------------------------

Руководитель  
образовательной  
программы

---

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В.  
Меркурьев

---